



TITLE:

Deep fluid characteristics in the subduction zone: A window from metamorphic quartz veins(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Yoshida, Kenta

CITATION:

Yoshida, Kenta. Deep fluid characteristics in the subduction zone: A window from metamorphic quartz veins. 京都大学, 2015, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18806>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2018-06-29に公開

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	吉田 健太
論文題目	Deep fluid characteristics in the subduction zone: A window from metamorphic quartz veins		
(論文内容の要旨)			
<p>沈み込み帯に存在している“水”(地下深部流体)は、地震発生や島弧マグマ形成の要因、あるいは、マントル交代作用をはじめとする地球物理学・地球化学的な諸過程において重要な役割を果たしている。しかし、地下深部流体の実態の多くはほとんど未解明であるため、本研究では沈み込み帯由来の高压型変成岩とそこに捕獲された流体包有物を用いて、地下深部流体の化学組成を詳細に検討した。</p> <p>第一章では、変成石英中に捕獲された昇圧時の流体包有物の密度推定を行った。流体包有物の密度推定のために、集束イオンビーム装置 (FIB) によるマイクロサンプリングと、高分解能 X 線コンピュータ断層撮影 (XCT) を用いて、詳細な形態記載を実施した。CT 像から求めた流体包有物の体積データと、マイクロサーモメトリ法・ラマン分光法で得られた流体の特性を元に、流体包有物全体の組成と密度を正確に決定した。得られた組成・密度データから流体包有物の等密度線を計算したところ、ピーク時の圧力よりも遙かに低い値を示した。このことは、変成石英中の流体包有物は概ね 300 °C 程度での密度を保存するという考え (Küster and Stöckhert, 1997) で説明することが出来る。以上から、変成石英中の流体包有物は、その密度から捕獲時期を推定するのが非常に困難であることを指摘した。</p> <p>第二章では流体包有物の組織から多様な深部流体の捕獲時期の推定を行った。また、石英脈を構成する石英粒子を粉碎抽出し、主要・微量成分について化学分析を行った。流体包有物の捕獲時期 (沈み込み帯での深度) と化学組成との関係を調べるため、分析試料は四国・和歌山地域の三波川変成帯において緑泥石帯 (パンペリー石-アクチノ閃石相相当: 300 °C・0.5 GPa 程度) からエクロジャイト岩体 (角閃石エクロジャイト相相当: 550-650 °C・1.5-2.5 GPa 程度) に渡る変成度範囲で採取した。石英脈はその組織から、完晶質な類型 (polygonal: P-type)、変形の卓越する類型のうち房状組織を呈するもの (deformed-interlobate-grain: DI-type)、非常に大きな変形領域が卓越するもの (deformed-domain: DD-type) の三種類に分類できた。P-type の石英脈は高温・低差応力下で形成されるものと考えられ、組織形成後の大規模な変形を免れている。その為、P-type の脈に捕獲されている流体包有物は変成ピーク時以前、或いは、ピーク時から岩体上昇の比較的早期 (高温期) に捕獲されたものであると考えられる。一方で、DI-type・DD-type の組織は低温 (<400 °C)・高差応力下で形成されたものと考えられ、これらに伴われる流体包有物は岩体上昇の後期に被った大規模な変形時に浸潤し、捕獲されたと考えられる。P-type の脈は比較的塩濃度の高い水溶液包有物 (5-10 mass%NaCleq) を伴い、主要な溶質は Na-Cl が卓越している。一方 DI・DD-type の脈中の包有物は希薄な水溶液 (<5 mass%NaCleq) であり、陰イオンとして HCO₃ が卓越する傾向を認めた。</p>			

これらの流体包有物の B-Li-Cl 組成に注目したところ、全ての試料に関して、海水と比較して(B+Li)/Cl の比が高いことがわかった。その組成範囲は、日本列島下に沈み込んでいるスラブから直接上昇してきていると考えられている「有馬型熱水」のものと非常に似通っていることが判明した。また、Li/B 比に着目すると、試料ごとに大きく異なる値が得られた。最小値は低変成度・DD-type の試料で $\text{Li/B}=0.02$ 、最高値はエクロジイト相・P-type の試料で $\text{Li/B}=1.99$ となり、DD-・DI-type のものでは小さく、P-type のもので大きくなる傾向が見られた。これらの結果から、沈み込み帯での流体の特徴として深部では Na-Cl が卓越し Li と B 両方に富み、浅部では HCO_3 が卓越し B に富むことがわかった。

更に、得られた流体組成に基づいて、沈み込み帯での B・Li の循環について検討を行った。先行研究から、変質 MORB や堆積物により沈み込み帯に持ち込まれる B・Li は、岩石中で概ね $100\text{--}1000\text{ }\mu\text{g/g}$ の濃度であると考えられる。この濃度の B・Li を保持する岩石から、流体包有物から組成を見積もった深部流体が放出されたと考えて物質移動の考察を行ったところ、B・Li に富む流体の放出は全岩濃度に対してはあまり大きな影響を与えないという結果が得られた。更に、この B・Li に富む流体が地殻の浅部までその B・Li 量を保持したまま上昇するためには、流体は岩石と非平衡に上昇する必要があるということもわかった。これらのことは、地下深部からの流体上昇はチャネリングにより「水みち」のようなものを作って行われていることを示唆している。

(論文審査の結果の要旨)

近年、プレート収斂域での多様な地震の発生やマグマ成因過程において、岩石の力学的挙動や岩石の融点温度などに大きな影響を与える地下深部流体の役割の解明は大きな注目を集めている。しかし、地下深部流体を直接取得することの困難さからその活動実態の多くは未解明のままであった。

そのような状況にあって、酸素、水素、ヘリウムの同位体組成分析から、西南日本の前弧域、すなわち、非火山地域の地表に噴出する有馬型熱水は現在日本列島の地下に沈み込むプレートから直接脱水した流体である（例えば風早ほか、2014）との考えが提唱された。また、大沢ほか（2010）や網田ほか（2014）では流体濃集元素の代表的な元素であるB-Li-Clを指標にした場合、有馬型流体は(B+Li)/Cl比が大きな値を示すとの考えを提案した。

吉田君は卒業研究以降、過去の沈み込み帯で形成され、現在地表に露出している低温高压変成岩中に含まれる深部流体そのものである流体包有物を題材として、深部流体活動の実態解明に取り組んだ。

研究対象としては世界でも最も岩石学・年代学・構造地質学的研究が進んでいる三波川変成帯において、地下15km～60kmで形成された母岩の片理構造と平行に発達した石英脈中の流体包有物を研究対象に選択した。その理由は、石英脈はかつての流体の通り道であると考えられているとともに、母岩の片理構造と平行に発達した石英脈中には、母岩が経験した変成岩形成過程の全ての時期に渡る流体活動の痕跡を記録している可能性があるからである。

このことは、石英脈中に含まれており流体包有物の獲得時期を正確に推定する必要性が求められている。吉田君は石英脈を構成する石英粒子の組織、石英粒子と流体包有物の配列関係、マークロサーモメトリー法とRaman分光法を駆使した解析から、未変形等粒状組織を示す石英脈は、比較的塩濃度（5－10 mass%NaCleq）で、主要な溶質はNa-Clが卓越し、変形組織を示す石英脈中の包有物は希薄な水溶液（＜5 mass%NaCleq）であり、陰イオンとしてHCO₃⁻が卓越することを見出した。さらに、石英脈から抽出した深部流体の微量元素濃度は全ての試料において、有馬型流体を特徴付ける大きな(B+Li)/Cl比を得た。この成果は、「有馬型熱水」と「過去の沈み込み帯で形成された変成岩に保持された地下深部流体」のB-Li-Cl組成の類似性を世界で初めて提示することに成功し、沈み込み帯前弧域での流体循環過程を考察する上で重要な制約条件を提示することに成功した。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月19日、論文内容とそれに関連した事項についての公聴会を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降